

**ANALISIS SPASIAL KERUSAKAN BANGUNAN TEMPAT TINGGAL
AKIBAT BENCANA GEMPABUMI DI KECAMATAN
PALU BARAT KOTA PALU TAHUN 2018**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Geografi Fakultas Geografi**

Oleh:

**AHDANA SABILA DINI
E100152003**

**PROGRAM STUDI GEOGRAFI
FAKULTAS GEOGRAFI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS SPASIAL KERUSAKAN BANGUNAN TEMPAT TINGGAL
AKIBAT BENCANA GEMPABUMI DI KECAMATAN
PALU BARAT KOTA PALU TAHUN 2018**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

AHDANA SABILA DINI
E100152003

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing



Aditya Saputra, S.Si, M.Sc, Ph.D.

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS SPASIAL KERUSAKAN BANGUNAN TEMPAT TINGGAL
AKIBAT BENCANA GEMPABUMI DI KECAMATAN
PALU BARAT KOTA PALU TAHUN 2018

OLEH

AHDANA SABILA DINI
E100152003

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Geografi
Universitas Muhammdiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 20 Juli 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Aditya Saputra, S.Si, M.Sc, Ph.D. (.....)
(Ketua Dewan Penguji)
2. Agus Anggoro Sigit, S.Si, M.Sc (.....)
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Dr. Kuswaji Dwi Priyono, M.Si (.....)
(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,

Drs. H, Yuli Priyana, M.Si
NIK. 573

PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 20 Juli 2019

Penulis



AHDANA SABILA DINI
E100152003

ANALISIS KERUSAKAN BANGUNAN TEMPAT TINGGAL AKIBAT BENCANA GEMPABUMI DI KECAMATAN PALU BARAT KOTA PALU TAHUN 2018

Abstrak

Gempabumi memiliki daya rusak yang tinggi terhadap bangunan yang berada di permukaan akibat adanya gelombang seismik. Kerusakan bangunan merupakan penyebab tingginya angka kematian dan korban luka akibat gempabumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerusakan, distribusi spasial dan menganalisis tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal berdasarkan *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) 154 di Kecamatan Palu Barat akibat gempabumi tahun 2018. Interpretasi citra IKONOS dilakukan untuk mengetahui tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal. Penelitian ini menggunakan skala *European Macroseismic Scale* (EMS) tahun 1998. Dari 379 bangunan tempat tinggal yang divalidasi hanya 13 yang masuk dalam skala 5, 8 yang berada pada skala 4, 11 yang berada pada skala 3, 5 yang berada pada skala 2, dan sisanya berada pada skala 1 dan tidak mengalami kerusakan sama sekali. Struktur bangunan dan jarak lokasi terhadap suatu patahan aktif merupakan faktor yang mempengaruhi tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal. Bangunan tempat tinggal dengan struktur batu bata diperkuat diafragma kaku (RM2) merupakan struktur yang paling banyak mengalami kerusakan. Jarak patahan Palu-Koro dengan wilayah yang mengalami kerusakan yaitu sekitar 2,4 km yang berada di Kelurahan Lere. Selain itu, kerusakan yang terjadi pada bangunan tempat tinggal di Kecamatan Palu Barat memiliki pola memanjang yang menyerupai pola patahan Palu-Koro. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa 58% hasil interpretasi yang dilakukan sesuai dengan survei lapangan, sehingga interpretasi kerusakan bangunan tempat tinggal sebaiknya dilakukan dengan pengamatan lapangan.

Kata Kunci: Gempabumi, Kerusakan Bangunan Tempat Tinggal, EMS 1998.

Abstract

The earthquake has high damage to the buildings that are on the surface due to seismic waves. Building damage is a cause of high mortality and casualties due to an earthquake. This research aims to determine the damage, spatial distribution and analyze the damage level of residential buildings based on *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) 154 in West Palu sub-district due to the earthquake in 2018. Image interpretation of IKONOS is done to determine the extent of damage to residence building. The study used the *European Macroseismic Scale* (EMS) scale in 1998. Of the 379 residential buildings that are validated only 13 are entered in a scale of 5, 8 which is on a scale of 4, 11 which is on a scale of 3, 5 which is on a scale of 2, and the rest are on a scale of 1 and do not suffer any damage at all. The structure of the building and the location distance to an active fault are factors affecting the breakdown of residential buildings. Residential buildings with brick structure reinforced rigid diaphragm (RM2) are the structures that suffer the most damage. Palu-Koro fault distance with damage area of about 2.4 km located in Kelurahan Lere. Besides, the damage that occurred to residential buildings in West Palu Sub-district has an elongated pattern that resembles the Paru-Koro fault pattern. The results of the accuracy test showed that 58% of the results of interpretation done following the field survey so that the interpretation of residential damage should be done by field observation.

Keywords: Earthquake, Residential Building Damage, EMS 1998.

1. PENDAHULUAN

Kepulauan Indonesia berada pada persimpangan lempeng Eurasia, Australia, dan Pasifik sehingga seringkali mengalami peristiwa gempa bumi. Gempa bumi merupakan suatu peristiwa yang dapat terjadi kapan saja tanpa adanya gejala penanda sebelumnya. Gempa bumi memiliki daya rusak yang tinggi terhadap bangunan yang berada di permukaan akibat adanya gelombang seismik. Daya rusak tersebut merupakan penyebab tingginya angka kematian dan korban luka akibat bencana gempa bumi. Maengga (2011) menegaskan pula bahwa respon dinamik bangunan terhadap tanah merupakan penyebab paling penting dari kerusakan akibat gempa bumi pada bangunan. Hal ini dibuktikan dari kejadian gempa bumi Jogja tahun 2006. Sebanyak 75.315 unit bangunan tempat tinggal hancur total, korban jiwa sebanyak 5.716 jiwa dan korban luka-luka sebanyak 37.927 jiwa. Detail kerusakan dan korban jiwa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data dan Jumlah Bangunan Rusak Akibat Gempa Jogja, 2006

Provinsi dan Kabupaten	Jumlah Permukiman (2003)	Hancur Total	Korban Jiwa	Luka-luka
Yogyakarta	703.545	47.520	4.659	19.401
Bantul	181.991	26.045	4.121	12.026
Sleman	196.965	4.719	240	3.792
Kulon Progo	87.940	3.485	22	2.179
Gunung Kidul	158.570	11.323	81	1.086
Kota Yogyakarta	78.079	1.948	195	318
Jawa Tengah	1.413.830	27.795	1.057	18.526
Klaten	280.513	27.270	1.041	18.127
Magelang	260.391	179	10	24
Boyolali	219.537	276	4	300
Sukoharjo	214.463	46	1	67
Wonogiri	261.044	15	-	4
Purworejo	177.882	9	1	4
Total	2.117.375	75.315	5.716	37.927

Sumber: BAPPENAS, 2006

Kota Palu adalah salah satu kota yang memiliki risiko gempa bumi yang tinggi. Berdasarkan data rekaman USGS, dalam kurun waktu sekitar 95 tahun (1923-2018) terjadi sebanyak 753 gempa bumi dengan magnitudo lebih besar dari 5 skala richter dalam radius sekitar 500 kilometer dari pusat Kota Palu. Potensi kerusakan bangunan akibat bahaya gempa bumi di Kota Palu termasuk dalam kategori tinggi. Sebanyak 42 bangunan yang dikaji, 24 (57%) bangunan berpotensi mengalami kerusakan parah, 13 (31%) kerusakan sedang, dan 5 (12%) kerusakan ringan (Lelean, 2011). Gempa bumi Palu tahun 2018 membuktikan hal tersebut. Sebanyak 16.416 bangunan rusak di Kota Palu. Detail kerusakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data dan Jumlah Bangunan Rusak di Kota Palu

Kabuapten dan Kecamatan	Bangunan Rusak	Jumlah Bangunan	Populasi (2017)
Mantikulore	2.495	29.530	63.804
Palu Barat	4.181	13.354	62.293
Palu Selatan	2.194	24.751	70.571
Palu Timur	1.951	15.917	71.452
Palu Utara	571	5.071	23.196
Tatanga	23	16.312	39.997
Tawaeli	659	4.835	20.706
Ulujadi	4.432	12.416	27.763
Total	16.416	122.186	379.782

Sumber: UNOSAT, 2018

Penilaian kerusakan bangunan tempat tinggal dapat dilakukan melalui interpretasi citra. Melalui citra resolusi tinggi dapat dilakukan penilai kerusakan dan estimasi kerugian secara cepat pasca terjadinya bencana gempabumi sehingga menghasilkan pola kerusakan bangunan berdasarkan jenis tertentu. Saputra, dkk (2017) membuktikan bahwa secara statistik jenis bangunan tempat tinggal dengan struktur pasangan batu bata diperkuat dan atap material tanah liat memiliki probabilitas kerusakan lebih tinggi terhadap bencana gempabumi Yogyakarta tahun 2006 berdasarkan model regresi logistik dan Sistem Informasi Geografis di Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul. Walaupun demikian, kajian-kajian mengenai penilaian kerusakan bangunan tempat tinggal di Kota Palu masih sangat jarang dilakukan, khususnya dengan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan SIG (Sistem Informasi Geografis).










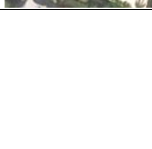
2. METODE

Metode penelitian dilakukan dengan cara melakukan interpretasi citra sebelum dan sesudah terjadiya peristiwa gempabumi dengan memperhatikan unnsur interpretasi citra yang ada. Citra sebelum (IKONOS, 17 Agustus 2018) dan sesudah (IKONOS, 1 Oktober 2018) digunakan untuk mengetahui tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal berdasarkan klasifikasi skala kerusakan *European Macroseismic Scale (EMS)* 1998. Detail skala EMS 1998 dapat dilihat pada Tabel 3.

Pengambilan sampel dilakukan dengan menngguakan metode *stratified random sampling*, teknik ini digunakan bila populasi mempunyai anggota/unsur yang tidak homogen dan bersrata (Sugiyono, 2006), dimana pengambilan sampel didasarkan atas tingkat kerusakan bangunan. Pengambilan sampel dilakukan untuk melakukan validasi berdasarkan hasil interpretasi yang sebelumnya telah dilakukan. Identifikasi jenis bangunan juga dilakukan pada saat pengambilan

sampel. Identifikasi jenis bangunan dilakukan berdasarkan klasifikasi *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) 154, dimana jenis bangunan tempat tinggal berdasarkan struktur bangunannya di Indonesia pada umumnya dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu jenis bangunan dengan struktur kayu, struktur bangunan bata yang diperkuat dengan diafragma fleksibel dan struktur bangunan bata yang diperkuat dengan diafragma kaku.

Tabel 3. Interpretasi Citra berdasarkan Skala EMS 1998

Klasifikasi Kerusakan	Sketsa EMS 1998	Interpretasi Citra
Skala 1 Kerusakan ringan (tidak ada kerusakan struktural, kerusakan ringan non-struktural)		
Skala 2 Kerusakan sedang (sedikit kerusakan struktural, kerusakan sedang non-struktural)		
Skala 3 Kerusakan besar (kerusakan sedang struktural, kerusakan berat non-struktural)		
Skala 4 Kerusakan sangat besar (kerusakan berat struktural, kerusakan sangat berat non-struktural)		
Skala 5 Hancur (kerusakan sangat berat struktural)		

Sumber: Corbane, 2011







3. HASIL DAN PEMBAHASAN






3.1. Tingkat Kerusakan Bangunan Tempat Tinggal berdasarkan Struktur Bangunan





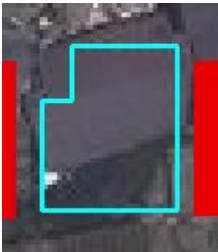

Hasil intepretasi kerusakan bangunan tempat tinggal di Kecamatan Palu Barat menurut skala EMS 1998 menunjukan bahwa tingkat kerusakan yang dialami tidak begitu parah. Tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal berada pada kisaran skala 1, 2, 3, dan 5 atau berada pada tingkat kerusakan ringan, sedang, besar, dan hancur. Tingkat kerusakan paling parah hanya dialami oleh satu kelurahan, yaitu Kelurahan Lere. Sebanyak 4 bangunan tempat tinggal teridentifikasi mengalami kerusakan skala 2, 10 bangunan tempat tinggal mengalami kerusakan skala 3, dan 8 bangunan tempat tinggal megalami kerusakan skala 5.

hasil uji akurasi yang dilakukan, kesalahan interpretasi paling banyak terjadi pada tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal skala 1. Sebanyak 137 bangunan tempat tinggal dari interpretasi tingkat kerusakan skala 1 ketika dilakukan validasi ternyata tidak mengalami kerusakan, 5 bangunan tempat tinggal mengalami tingkat kerusakan skala 2, 11 bangunan tempat tinggal mengalami kerusakan skala 3, 8 bangunan tempat tinggal mengalami kerusakan skala 4, dan 13 bangunan tempat tinggal mengalami kerusakan skala 5. Kerusakan bangunan tempat tinggal yang terjadi di Kelurahan Lere hanya ditemui pada bagian barat saja, sedangkan bagaian lainnya teridentifikasi hanya mengalami kerusakan dengan skala 1 atau dengan tingkat kerusakan ringan. Detil persebaran tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal dapat dilihat pada Gambar 1 sedangkan hasil interpertasi citra dan survei lapangan terhadap kerusakan bangunan tempat tinggal dapat dilihat pada Tabel 4.





Tabel 4. Perbandingan Hasil Interpretasi Citra dan Survei Lapangan

Koordinat	Hasil Interpretasi	Hasil Survei Lapangan
X: -0.902328 Y: 119.864671	 Skala 1	 Skala 0 (Tidak Ada Kerusakan)
X: -0.893342 Y: 119.844147	 Skala 1	 Skala 1
X: -0.891168 Y: 119.844485	 Skala 1	 Skala 1

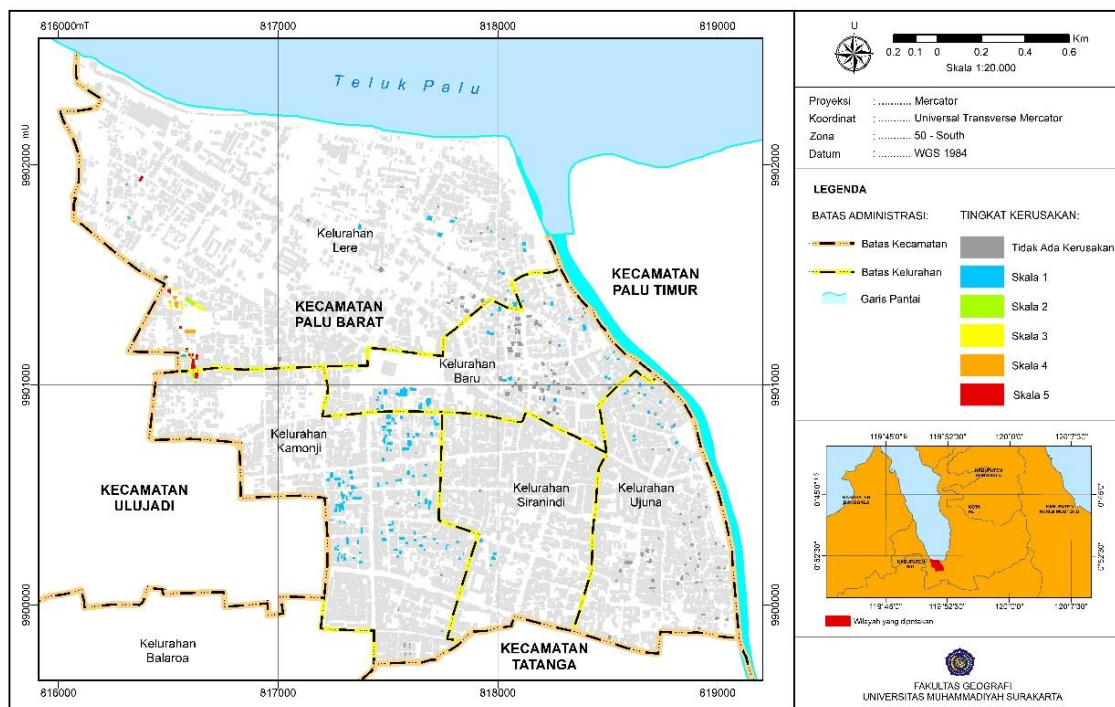
		 <p>Skala 2</p>
<p>X: -0.893727 Y: 119.845337</p>	 <p>Skala 1</p>	 <p>Skala 3</p>
<p>X: -0.893202 Y: 119.844226</p>	 <p>Skala 1</p>	 <p>Skala 4</p>

<p>X : -0.892182 Y: 119.843967</p>	 <p>Skala 1</p>	 <p>Skala 5</p>
<p>X: -0.894473 Y: 119.844592</p>	 <p>Skala 2</p>	 <p>Skala 2</p>
<p>X: -0.893334 Y: 119.844402</p>	 <p>Skala 2</p>	

		 <p>Skala 4</p>
<p>X: -0.894198 Y: 119.844649</p>	 <p>Skala 2</p>	 <p>Skala 5</p>
<p>X: -0.890679 Y: 119.843749</p>	 <p>Skala 3</p>	 <p>Skala 3</p>
<p>X: -0.890976 Y: 119.843770</p>	 <p>Skala 3</p>	 <p>Skala 4</p>

<p>X: -0.894158 Y: 119.844669</p>	 <p>Skala 3</p>	 <p>Skala 5</p>
<p>X: -0.893839 Y: 119.844439</p>	 <p>Skala 5</p>	 <p>Skala 5</p>

Sumber: Peneliti, 2019



Gambar 1. Peta Tingkat Kerusakan Bangunan Tempat Tinggal di Kecamatan Palu Barat

Sumber: Peneliti, 2019

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan pada bangunan tempat tinggal dengan struktur batu bata dapat diindikasikan tingkat kerusakannya berdasarkan tingkat retakan bangunan. Bangunan dengan jenis retakan rambut memiliki tingkat kerusakan lebih rendah dibandingkan dengan bangunan tempat tinggal dengan retakan terbuka. Tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal dengan retakan rambut bekisar pada skala 1 dan 2, sedangkan tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal dengan retakan terbuka berada pada kisaran skala 3 hingga 4. Apabila bangunan tempat tinggal memiliki jenis retakan terbuka maka dapat disimpulkan terjadi kerusakan struktural tingkat sedang hingga sangat berat pada bangunan yang dicirikan dengan runtuhnya sebagian atau keseluruhan bangunan tempat tinggal.

Tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal yang terjadi dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Faktor yang mempengaruhi yaitu struktur dari bangunan tempat tinggal. Berdasarkan hasil survei lapangan yang dilakukan dapat diketahui bahwa bangunan tempat tinggal di Kecamatan Palu Barat 97,54% memiliki struktur batu bata diperkuat diafragma kaku (RM2) atau meliputi hampir keseluruhan bangunan tempat tinggal di Kecamatan Palu Barat, sisanya memiliki struktur kayu ringan (W)1 dan struktur batu bata diperkuat diafragma fleksibel (RM1). Pada saat terjadi gempa bumi kerusakan bangunan tempat tinggal banyak terjadi pada struktur bangunan tempat tinggal RM2, hal ini disebabkan karena struktur tersebut rentan terhadap guncangan sehingga dapat menyebabkan terjadinya rekahan atau retakan yang dapat menyebabkan bangunan mudah runtuh dan hancur, sedangkan bangunan tempat tinggal dengan struktur RM1 dan W1 pada saat terjadinya gempa bumi tidak mengalami kerusakan yang tidak begitu berarti. Detil perbandingan kerusakan bangunan tempat tinggal berdasarkan strukturnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Kerusakan Bangunan Tempat Tinggal berdasarkan Struktur Bangunan

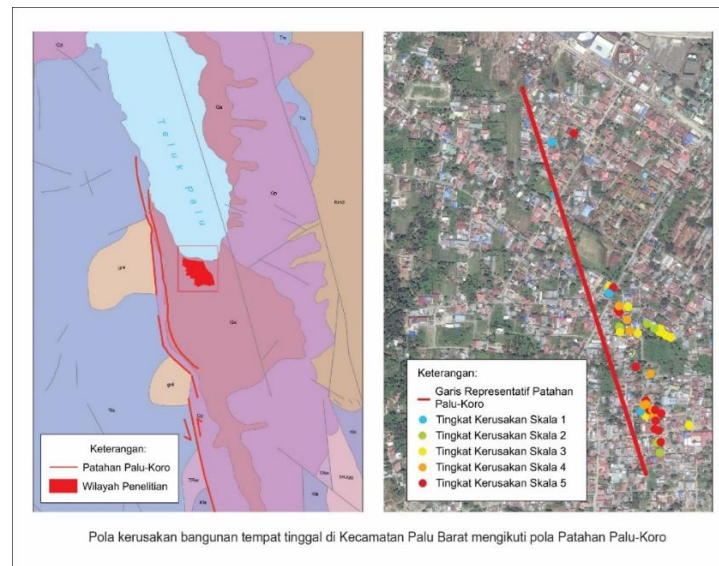
Sumber: Peneliti, 2019

Potensi kerusakan bangunan berdasarkan jenis strukturnya di Palu pada penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa 13 dari 14 bangunan dengan struktur RM2 berpotensi mengalami kerusakan parah, 2 dari 1 bangunan dengan struktur RM1 berpotensi mengalami kerusakan parah, dan 3 dari 3 bangunan dengan struktur W1 memiliki potensi kerusakan sedang (Lelean, 2011).

3.2. Tingkat Kerusakan Bangunan Tempat Tinggal berdasarkan Lokasi Patahan Palu-Koro

Tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal selain disebabkan oleh struktur bangunannya juga dapat disebabkan oleh faktor lainnya, yaitu jarak dengan suatu patahan aktif. Jarak Kelurahan Lere dengan patahan Palu-Koro yaitu sekitar 2400 meter atau 2,4 km. Hal ini menandakan bahwa jarak patahan dengan bangunan tempat tinggal berada pada radius yang cukup dekat, sehingga apabila jika terjadi gempa bumi akan berisiko mengalami kerusakan.

Pola kerusakan bangunan tempat tinggal dengan skala 1 sampai 5 yang terjadi di Kelurahan Lere jika dilihat memiliki pola memanjang dari utara ke selatan mengikuti patahan Palu-Koro yang memanjang dari Teluk Palu menuju selatan atau sejajar dengan Sungai Palu. Hal ini menjelaskan penyebab kerusakan bangunan tempat tinggal banyak ditemui di bagian barat Kelurahan Lere. Detil perbandingan pola kerusakan bangunan tempat tinggal dan patahan Palu-Koro dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola Kerusakan Bangunan Tempat Tinggal di Kecamatan Palu Barat

Sumber: Peneliti, 2019

Hasil penelitian sebelumnya mengenai kerusakan bangunan di Palu juga menunjukkan bahwa bangunan yang berada pada Kota Palu bagian barat memiliki tingkat kerusakan yang lebih tinggi diakibatkan oleh kedekatan wilayah tersebut berdekatan dengan jalur patahan Palu-Koro, namun bangunan dengan tingkat kerusakan rendah juga ditemukan kurang dari 10%. Bangunan tersebut adalah bangunan yang didesain dan didirikan oleh para insinyur bangunan (Lelean, 2011).

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

- Kerusakan bangunan tempat tinggal yang diakibatkan oleh gempabumi pada tahun 2018 tidak begitu parah. Dari 379 bangunan tempat tinggal yang divalidasi hanya 13 yang masuk dalam skala 5 atau hancur, 8 yang berada pada skala 4 atau kerusakan sangat berat, 11 yang berada pada skala 3 atau kerusakan berat, 5 yang berada pada skala 2 atau

kerusakan sedang, dan 205 yang berada pada skala 1 atau kerusakan ringan, serta 138 bangunan tempat tinggal yang sama sekali tidak mengalami kerusakan.

- b. Kerusakan bangunan tempat tinggal paling banyak dialami pada wilayah barat Kecamatan Palu Barat, yaitu Kelurahan Lere.
- c. Kerusakan bangunan tempat tinggal paling banyak dialami pada bangunan tempat tinggal dengan struktur bangunan RM2 (*reinforced masonry buidings with rigid diaphragms*), selain itu pola kerusakan bangunan tempat tinggal berbentuk memanjang seperti pola patahan Palu-Koro.

3.1. Saran

- a. Analisis tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal tidak hanya dilakukan secara eksitu dengan bantuan penginderaan jauh dan SIG, tetapi juga dilakukan secara insitu dengan cara survei lapangan untuk mengurangi kesalahan-kesalahan yang dapat disebabkan oleh kesalahan dalam proses perekaman objek.
- b. Penggunaan foto udara yang diambil secara tegak atau miring dengan menggunakan drone dapat dilakukan untuk meningkatkan keakurasian hasil interpretasi kerusakan bangunan tempat tinggal.
- c. Perlunya dilakukan uji rekonstruksi bangunan tempat tinggal lebih lanjut untuk mengetahui tingkat kekuatan bangunan tempat tinggal untuk mengurangi tingkat kerusakan bangunan apabila terjadi gempabumi di waktu yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- BAPPENAS. (2006). *Penilaian Awal Kerusakan dan Kerugian Bencana Alam di Yogyakarta dan Jawa Tengah*. Jakarta.
- Corbane, Christina dkk (2011). *A Comprehensive Analysis of Building Damage in the 12 January 2010 Mw 7 Haiti Earthquake Using High-Resolution Satellite and Aerial Imagery. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 77, No.10, Oktober.
- Lelean, Yurdinus Panji (2011). *Penerapan Metode Cepat Penaksiran Risiko Bangunan Terhadap Bahaya Gempabumi Studi Kasus Kota Palu, Sulawesi Tengah*. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Maengga, Purwanto. (2011). *Arsitektur Tahan Gempa. Media Matrasain*. Vol 8, No 2, Agustus.
- Saputra, Aditya (2017). *Seismic Vulnerability Assessment of Residential Buildings using Logistic Regression and Geographic Information System (GIS) in Pleret, Sub District (Yogyakarta, Indonesia)*. *Geoenvironmental Disasters*. Vol.4, Isu 1, Artikel 11, Desember.
- Sugiyono (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

UNOSAT (2018). *Indonesia: Comprehensive Satellite Detected Building Damage Assessment Overview as of 19 October 2018*. <http://www.unitar.org/unosat/node/44/2855> diunduh 28 Oktober 2018.